



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

①⑫ **Patentschrift**
①⑩ **DE 100 09 078 C 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
H 01 F 27/28
H 01 F 19/04
// H02M 3/24

②① Aktenzeichen: 100 09 078.8-34
②② Anmeldetag: 25. 2. 2000
④③ Offenlegungstag: -
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 6. 9. 2001

DE 100 09 078 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
VOGT electronic AG, 94130 Obernzell, DE

⑦④ Vertreter:
v. Fünér Ebbinghaus Finck Hano, 81541 München

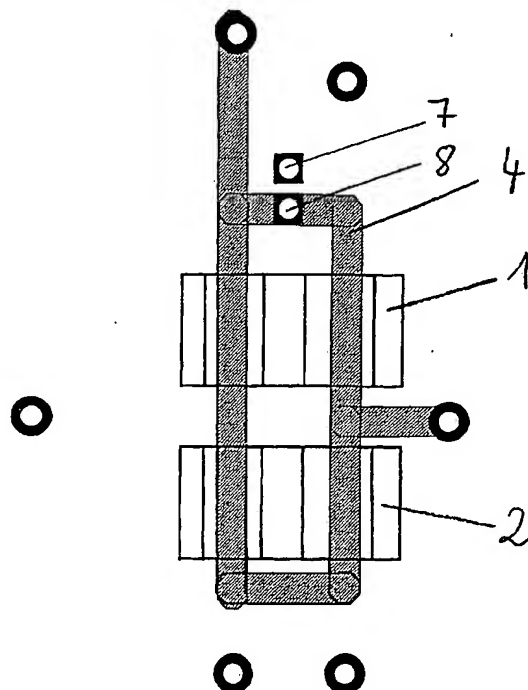
⑦② Erfinder:
Bernauer, Richard, 94034 Passau, DE; Kropfmüller,
Dietmar, Oberkappel, AT

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 41 37 776 C2
DE 8 87 536 C
EP 06 81 758 B1

⑤④ Planartransformator in Multilayertechnik mit E-Kernen

⑤⑦ Ein Transformator weist mindestens einen E-Kern (1, 2), eine Primärwicklung (3, 10, 31) und eine erste Sekundärwicklung (4, 6, 11, 32) auf. Die Primärwicklung (3, 10, 31) durchläuft jeden E-Kern (1, 2) in mindestens einem seiner Wicklungsfenster (19, 20). Mindestens eine Windung der ersten Sekundärwicklung (4, 6, 11, 32) durchläuft nur einen Teil der Wicklungsfenster (19, 20) aller E-Kerne (1, 2).



DE 100 09 078 C 1

BEST AVAILABLE COPY

Die Erfindung betrifft Planartransformatoren in Multilayertechnik mit mindestens zwei E-Kernen.

Herkömmliche Transformatoren mit E-Kernen sind aus dem Stand der Technik bekannt, z. B. aus der DE-PS 887 536 C und aus DE 41 37 776 C2.

Bei der Anwendung von Transformatoren stellt sich in letzter Zeit häufig die Frage nach Transformatorlösungen, die eine Abstufung der Ausgangsspannungen in kleinen oder ungewöhnlichen Abstufungen bzw. Übersetzungsverhältnissen erlauben. Nach dem Stand der Technik werden derzeit für solche Transformatoranordnungen in der Regel sehr hohe Windungszahlen verwendet. Hohe Windungszahlen sind jedoch kostenintensiv und führen auch zu einer nicht unerheblichen Erhöhung der Verlustleistung. Eine in der EP 0 681 758 B1 beschriebene Transformatorlösung für den angegebenen Zweck verwendet Teilwindungen. Die Lösung gemäß der EP 0 681 758 B1 ist jedoch nur für Windungszahlen kleiner eins geeignet. Sie kann nur mit einem einzelnen, eigens für den in der EP 0 681 758 B1 beschriebenen Wandler angefertigten Kern realisiert und außerdem nur unter großen Schwierigkeiten VDE-tauglich ausgeführt werden.

Ferner ist es bekannt, mehrere Einzeltransformatoren primär in Reihe zu schalten. Jedoch muß hierbei jeder Transformator für sich montiert und zusammengeschaltet werden. Es werden dabei sehr viele Kerne benötigt, da für Halbwindungen bei konventionellen Transformatoren Probleme bestehen. Dies wiederum erhöht die Kosten und den beanspruchten Platz. Es müssen aufgrund der langen Verbindungsleitungen auch erhebliche Energieverluste in Kauf genommen werden.

Zur Erzeugung von fein abgestuften Ausgangsspannungen in planaren induktiven Multilayer-Bauelementen (PIMBE) eignen sich die aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen überhaupt nicht. PIMBE werden meist bei hohen Frequenzen und kleinen Windungszahlen verwendet. Um jedoch kleine Abstufungen der Ausgangsspannungen nach der aus dem Stand der Technik bekannten Herangehensweise erreichen zu können, müßte man auf große Windungszahlen gehen, welche die für kleine Abstufungen geeigneten kleinen Windungsspannungen nach sich ziehen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Planartransformator in Multilayertechnik bereitzustellen, der auch bei kleinen Windungszahlen so ausgeführt werden kann, daß er eine Ausgangsspannung entsprechend einer vorgegebenen nicht ganzzahligen Sekundärwindungszahl liefern kann.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch einen Transformator nach Anspruch 1 und durch einen Transformator nach Anspruch 8.

Durch die gezielte Ausführung der einzelnen Leiterbahnen bei den erfindungsgemäßen Transformatoren ist es möglich, Teilwindungen zu erzeugen, bzw. es können durch Stichleitungen solche Strompfade aktiviert werden, die effektiv Teilwindungen entsprechen. Bei zwei Kernen sind die zu erreichenden Windungszahlen $N + 1/4$, $N + 1/2$ und $N + 3/4$. Bei drei Kernen betragen die Windungszahlen $N + 1/6$, $N + 1/3$, $N + 1/2$, $N + 2/3$ und $N + 5/6$. Entsprechend erhöhen sich die Variationen bei der Verwendung von mehr als drei Kernen. Vorteilhaft gegenüber dem Stand der Technik ist bei den erfindungsgemäßen Transformatoren insbesondere, daß standardmäßige E-Kerne Verwendung finden und nicht etwa speziell konstruierte Kerne angefertigt werden müssen. Beide erfindungsgemäße Transformatoren sind für die Anwendung in PIMBEs geeignet. Energieverluste können durch kleine Windungszahlen klein gehalten werden.

Ebenso reduzieren sich die Kosten und es steht mehr Platz für weitere Wicklungen zur Verfügung.

Bei den erfindungsgemäßen Transformatoren werden nur halb so viele Kerne benötigt, wie bei der aus dem Stand der Technik bekannten Reihenschaltung von Einzeltransformatoren.

Die Ausführung der erfindungsgemäßen Transformatoren in Multilayertechnik erlaubt durch die mittels der Multilayertechnik erzielbaren guten Isolationswerte auch ohne größeren Aufwand eine Ausführung in VDE-Normen.

Der erfindungsgemäße Transformator nach Anspruch 8 weist darüber hinaus den besonderen Vorteil auf, daß er so ausgeführt werden kann, daß der Übergang von einer Windungszahl auf eine andere innerhalb ein und desselben Transformators durch einfaches Umkontaktieren von Außenanschlüssen erreicht werden kann. Das Bereitstellen mehrerer, fein abgestufter Ausgangsspannungen ist somit möglich.

Vorteilhafte und bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Transformators nach Anspruch 1 sind Gegenstand der Patentansprüche 2 bis 7 und 13 bis 16. Vorteilhaft und bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Transformators nach Anspruch 8 sind Gegenstand der Patentansprüche 9 bis 16.

Bei den Transformatoren nach den Ansprüchen 4, 7 und 12 ist eine symmetrische Transformatorbelastung im Betrieb sichergestellt. Sie eignen sich daher besonders für den Hochlastbetrieb. Die erfindungsgemäßen Lösungen haben in dieser Hinsicht gegenüber der aus der EP 0 681 758 B1 bekannten Lösung den besonderen Vorteil, daß erfindungsgemäß zur Erreichung der Lastsymmetrie immer nur zwei Wicklungen parallel verschaltet werden müssen, während bei der aus der EP 0 681 758 B1 bekannten Lösung für n Teilungen auch n Wicklungen parallel verschaltet werden müssen.

Die besonders bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Transformators nach Anspruch 5 ermöglicht, genau wie der erfindungsgemäße Transformator nach Anspruch 8, die Abnahme mehrerer, fein abgestufter Ausgangsspannungen von ein und demselben Transformator.

Die bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Transformators nach Anspruch 14 erlaubt eine noch bessere Einstellung der Teilspannungen durch die unterschiedlichen Luftspalte. So können z. B. die Teilspannungen an den Ausgängen von $2 \times 1/2 U_{\text{ein}}$ auf $3/5 U_{\text{ein}}$ und $2/5 U_{\text{ein}}$ (U_{ein} = Eingangsspannung) optimiert werden, wenn diese Spannungen erforderlich sind. Darüber hinaus gestattet die Ausführungsform des erfindungsgemäßen Transformators nach Anspruch 14 genau so wie die ebenfalls besonders bevorzugte Ausführungsform nach Anspruch 15 die Realisierung nichtlinearer Induktivitäten in Abhängigkeit vom Strom.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand von Figuren erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine primärseitige Ansicht eines ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Transformators,

Fig. 2 eine Ansicht einer ersten Sekundärwicklung des Ausführungsbeispiels von Fig. 1,

Fig. 3 eine Ansicht einer zweiten Sekundärwicklung des Ausführungsbeispiels von Fig. 1,

Fig. 4 eine erste Sekundärwicklung eines zweiten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Transformators in vollständiger Ansicht,

Fig. 5 eine planare Lage der ersten Sekundärwicklung von Fig. 4,

Fig. 6 eine weitere planare Lage der ersten Sekundärwicklung von Fig. 4,

Fig. 7 eine zweite Sekundärwicklung des zweiten Aus-

führungsbeispiels des erfindungsgemäßen Transformators in vollständiger Ansicht,

Fig. 8 eine planare Lage der zweiten Sekundärwicklung von Fig. 7,

Fig. 9 eine weitere planare Lage der zweiten Sekundärwicklung von Fig. 7,

Fig. 10 Endstücke der ersten und der zweiten Sekundärwicklung des zweiten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Transformators,

Fig. 11 eine primärseitige Ansicht eines dritten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Transformators,

Fig. 12 eine sekundärseitige Ansicht des dritten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Transformators,

Fig. 13 eine Darstellung der Abhängigkeit des Sekundärstromes von der Zeit bei einem vierten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Transformators,

Fig. 14 eine Darstellung der Abhängigkeit der Induktivität von der Stromstärke bei dem vierten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Transformators,

Fig. 15 eine primärseitige Ansicht eines fünften Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Transformators,

Fig. 16 eine Ansicht einer ersten Sekundärwicklung des Ausführungsbeispiels von Fig. 15,

Fig. 17 eine Ansicht einer zweiten Sekundärwicklung des Ausführungsbeispiels von Fig. 15,

Fig. 18 eine primärseitige Ansicht eines Ausführungsbeispiels eines Planartransformators, der nicht Gegenstand der beanspruchten Erfindung ist,

Fig. 19 eine planare Lage einer ersten Sekundärwicklung des Planartransformators von Fig. 18,

Fig. 20 eine planare Lage einer zweiten Sekundärwicklung des Planartransformators von Fig. 18,

Fig. 21 eine weitere planare Lage der ersten und der zweiten Sekundärwicklung des Planartransformators von Fig. 18,

Fig. 22 eine schematische Gesamtansicht einer Parallelschaltung der ersten und der zweiten Sekundärwicklung des Planartransformators von Fig. 18 und

Fig. 23 eine Seitenansicht eines in einem Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Transformators verwendeten E-Kerns.

Die in den Figuren gezeigten Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Transformators sind in Multilayertechnik ausgeführte Planartransformatoren.

Die Fig. 1 bis 3 stellen unterschiedliche Schichtansichten eines derartigen in Multilayertechnik ausgeführten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Transformators dar und müssen daher im Zusammenhang betrachtet werden. Das in diesen Figuren gezeigte erste Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Transformators weist einen ersten E-Kern 1, einen zweiten E-Kern 2, eine Primärwicklung 3, eine erste Sekundärwicklung 4 und eine zweite Sekundärwicklung 5 auf. Die Primärwicklung 3 hat genau eine Windung, die durch alle Wicklungsfenster der beiden E-Kerne 1, 2 hindurchgeht. Die erste Sekundärwicklung 4 läuft in einer ersten Schicht zunächst auch durch alle Wicklungsfenster beider E-Kerne 1, 2 hindurch, wird über eine Durchkontaktierung 8 auf die nächsthöhere Ebene geführt und durchläuft dort entgegen dem Uhrzeigersinn das linke Wicklungsfenster des ersten E-Kerns 1 sowie beide Wicklungsfenster des zweiten E-Kerns 2 und zweigt dann vor dem rechten Wicklungsfenster des ersten E-Kerns 1 nach rechts ab. Die erwähnten Ebenen sind durch isolierende Prepregs aus Kunststoffmaterial voneinander elektrisch isoliert. In Fig. 2 sind die beiden genannten Ebenen nicht getrennt dargestellt. Auch das dazwischen liegende Prepreg ist in der Figur weggelassen. Gleiches gilt für die Darstellung der zweiten Sekundärwicklung 5 in Fig. 3. Diese läuft auf einer Ebene des

in Multilayertechnik hergestellten Planartransformators durch alle Wicklungsfenster der beiden E-Kerne 1, 2, wird dann über die Durchkontaktierung 7 auf eine andere Ebene geführt und durchläuft dort im Uhrzeigersinn das rechte Wicklungsfenster des ersten E-Kerns 1 sowie beide Wicklungsfenster des zweiten E-Kerns 2 und zweigt dann vor dem linken Wicklungsfenster des ersten E-Kerns 1 nach links ab. Somit sind die durch die erste Sekundärwicklung 4 und die zweite Sekundärwicklung 5 definierten Strompfade zueinander symmetrisch. Im Betrieb werden die erste Sekundärwicklung 4 und die zweite Sekundärwicklung 5 zueinander parallel geschaltet, um Unsymmetrien in der Transformatorbelastung zu verhindern.

Eine Seitenansicht des ersten E-Kerns 1 ist in Fig. 23 gezeigt. Der erste E-Kern 1 besteht aus einem in Seitenansicht E-förmigen Grundkörper mit zwei Seitenschenkeln 15, 16 und einem Mittelschenkel 17. Eine Platte 18 ist von dem einen Seitenschenkel 15 zum anderen Seitenschenkel 16 über den Grundkörper gelegt und am Grundkörper mittels Klebstoff befestigt. Der sich zwischen den beiden Seitenschenkeln erhebende Mittelschenkel 17 des E-Kerns 1 hat eine geringere Höhe als die beiden Seitenschenkel 15, 16. Auf diese Weise wird zwischen dem Mittelschenkel 17 und der Platte 18 ein Luftspalt 21 freigehalten, dessen Größe wesentlich die elektromagnetischen Eigenschaften eines mit diesem E-Kern aufgebauten induktiven Bauelements beeinflusst. Zwischen dem Mittelschenkel 17 und den beiden Seitenschenkeln 15, 16 liegt jeweils ein Wicklungsfenster 19, 20. Die magnetischen Eigenschaften des E-Kerns werden, abgesehen von der Größe des Luftspaltes 21, auch wesentlich durch das Material beeinflusst, aus dem der E-Kern gefertigt ist. Geeignete Materialien zur Fertigung eines solchen E-Kerns sind dem Fachmann aus dem Stand der Technik geläufig. Ergänzend sei ferner angemerkt, daß prinzipiell auch E-Kern-Ausführungen mit verteiltem Luftspalt eingesetzt werden können. Bei diesen befindet sich der Luftspalt nicht nur an einem Schenkel des E-Kerns, sondern zwei oder sogar alle drei Schenkel des E-Kerns weisen einen Luftspalt auf. Ferner kann anstelle der Platte 18 auch ein weiterer E-Kern aufgesetzt werden.

Bei dem eben beschriebenen Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Transformators sowie bei dem zweiten, dritten und fünften Ausführungsbeispiel, die im folgenden erläutert werden, ist der erste E-Kern 1 baugleich mit dem zweiten E-Kern 2.

Ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Transformators ist in den Fig. 4 bis 10, die im Zusammenhang zu betrachten sind, dargestellt. Die Fig. 4 bis 10 zeigen Sekundärwicklungen 6, 9 bzw. Abschnitte der Sekundärwicklungen 6, 9 dieses Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Transformators. Die Primärwicklung 3 ist genau so ausgeführt wie mit Bezug auf Fig. 1 für das erste Ausführungsbeispiel beschrieben.

Die Fig. 4 bis 6 zeigen die erste Sekundärwicklung 6 des zweiten Ausführungsbeispiels, wobei in Fig. 4 zwei Ebenen auf einmal dargestellt sind, während in den Fig. 5 und 6 die beiden Ebenen getrennt gezeigt werden. Auch hier befindet sich zwischen zwei Ebenen jeweils ein in den Figuren nicht dargestelltes Prepreg aus elektrisch isolierendem Kunststoffmaterial.

In der ersten Ebene (Fig. 5) läuft die erste Sekundärwicklung 6 durch alle Wicklungsfenster der beiden E-Kerne 1, 2 hindurch. Über die Durchkontaktierung 8 tritt sie auf die weitere Ebene (Fig. 6) über, geht dort durch das linke Wicklungsfenster des ersten E-Kerns 1 hindurch und zweigt vor dem linken Wicklungsfenster des zweiten E-Kerns 2 nach links ab.

Symmetrisch dazu ist die in den Fig. 7 bis 9 dargestellte

zweite Sekundärwicklung 9 angeordnet. Hierbei entspricht die Darstellung in der Fig. 7 der Darstellung von Fig. 4, und die Darstellungen in den Fig. 8 und 9 entsprechen den Darstellungen der Fig. 5 und 6.

Die zweite Sekundärwicklung 9 durchläuft auf der in Fig. 8 dargestellten Ebene alle Wicklungsfenster der beiden E-Kerne 1, 2, ist bei der Durchkontaktierung 7 zu der in Fig. 9 dargestellten Ebene durchkontaktiert und durchläuft auf letztgenannter Ebene nur das rechte Wicklungsfenster des ersten E-Kerns 1, ehe sie vor dem rechten Wicklungsfenster des zweiten E-Kerns 2 nach rechts abzweigt.

Die Fig. 10 zeigt schließlich eine weitere Ebene (zumeist auf der Hauptplatine), zu der sowohl die erste Sekundärwicklung 6 als auch die zweite Sekundärwicklung 9 über die Durchkontaktierungen 13 und 14 hindurch kontaktiert ist. Diese in Fig. 10 dargestellte Ebene des Planartransformators führt wie gezeigt Endabschnitte der ersten Sekundärwicklung 6 und der zweiten Sekundärwicklung 9.

Während beim ersten dargestellten Ausführungsbeispiel die sekundärseitig erreichte Windungszahl $1 + 3/4$ beträgt, ist sie bei dem soeben dargestellten zweiten Ausführungsbeispiel $1 + 1/4$. Im nachfolgend dargestellten dritten Ausführungsbeispiel werden zwei sekundärseitige Windungszahlen von $1/2$ erreicht. Ebenso wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel sind auch bei dem zweiten Ausführungsbeispiel die durch die jeweiligen ersten und zweiten Sekundärwicklungen 6, 9, 11, 12 definierten Strompfade zueinander symmetrisch, und im Betrieb werden die erste und die zweite Sekundärwicklung 6, 9, 11, 12 zueinander parallel geschaltet, um eine unsymmetrische Belastung des Transformators zu verhindern.

Das dritte Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Transformators wird mit Bezug auf die Fig. 11 und 12 beschrieben. Auch hierbei handelt es sich, wie schon bei den beiden vorangegangenen Ausführungsbeispielen, um einen Transformator mit zwei E-Kernen 1, 2, der als Planartransformator in Multilayertechnik ausgeführt ist.

In Fig. 11 ist die Primärwicklung 10 des dritten Ausführungsbeispiels dargestellt. Die Primärwicklung 10 weist genau eine Windung auf und läuft auf einer Ebene durch alle Wicklungsfenster der beiden E-Kerne 1, 2.

Die beiden Sekundärwicklungen 11, 12 sind auf einer anderen Ebene angeordnet, welche in Fig. 12 dargestellt ist. Jede der beiden Sekundärwicklungen 11, 12 läuft durch die beiden Wicklungsfenster jeweils eines E-Kerns 1, 2. Eine Parallelschaltung beider Sekundärwicklungen ist bei diesem dritten Ausführungsbeispiel nicht nötig, da beide E-Kerne 1, 2 von vornherein symmetrisch belastet sind.

Bei den oben dargestellten drei Ausführungsbeispielen des erfindungsgemäßen Transformators sind an den Mittelschenkeln der E-Kerne 1, 2 Luftspalte vorgesehen, die jeweils die gleiche Größe haben. Außerdem sind beide E-Kerne 1, 2 jeweils aus gleichem Material gefertigt.

Bei einem vierten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Transformators ist der mechanische Aufbau ganz ähnlich einem beliebigen der oben dargestellten Ausführungsbeispiele mit dem Unterschied, daß an den Mittelschenkeln 17 der E-Kerne 1, 2 Luftspalte 21 vorgesehen sind, die eine voneinander verschiedene Größe haben. Gleichzeitig oder alternativ dazu können die beiden E-Kerne 1, 2 auch aus unterschiedlichem Material bestehen. Mittels dieser letztgenannten Maßnahmen lassen sich nicht-lineare Induktivitäten in Abhängigkeit vom Strom erzeugen. Fig. 13 stellt den Sekundärstrom I in Abhängigkeit von der Zeit t für ein solches viertes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Transformators dar. Zunächst wächst der Strom I linear an. Zum Zeitpunkt t_0 geht einer der beiden E-Kerne 1, 2 in Sättigung, woraufhin sich sprunghaft der

Stromanstieg pro Zeiteinheit vergrößert. Auf diese Weise können definiert gesteuerte Stromflanken erzeugt werden. Darüber hinaus ist es möglich, die unterschiedlichen Luftspalte auch für eine nochmals feinere Variation der Teilspannungen zu benutzen. Unterschiedliche Kernmaterialien haben auf die Teilspannungsvariation jedoch keinen Einfluß.

Ergänzend zu der in Fig. 13 dargestellten Stromstärke-Zeit-Abhängigkeit zeigt Fig. 14 eine gemessene Abhängigkeit der Induktivität L von der Sekundärstromstärke I für das vierte Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Transformators. Man sieht bis ca. 3 A die größere Induktivität. Dann geht der Kern mit dem kleineren Luftspalt in Sättigung. Zwischen etwa 5,5 A und 7 A stellt sich plateauartig eine kleinere Induktivität ein. Bei weiterer Erhöhung der Sekundärstromstärke I sättigt schließlich auch der zweite Kern und die Induktivität fällt vollends ab. Ergänzend sei angemerkt, daß bei weiterer Erhöhung der Stromstärke die Induktivität wieder ansteigt, sobald die Stromstärke einen gewissen kritischen Wert übersteigt.

Ein fünftes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Transformators ist in den Fig. 15 bis 17, die im Zusammenhang zu betrachten sind, dargestellt. Fig. 15 zeigt eine Primärwicklung 22, die im wesentlichen genau so ausgeführt ist wie die mit Bezug auf Fig. 1 für das erste Ausführungsbeispiel beschriebene Primärwicklung 3. Auch bei diesem Ausführungsbeispiel handelt es sich um einen in Multilayertechnik ausgeführten Planartransformator, bei dem die einzelnen planaren Leitungsebenen durch isolierende Prepregs voneinander getrennt sind.

Fig. 16 zeigt eine erste Sekundärwicklung 23 und Fig. 17 eine zweite Sekundärwicklung 27 des fünften Ausführungsbeispiels. Die erste Sekundärwicklung weist zwei Endanschlüsse 25 und 28 auf. Zwischen diesen beiden Endanschlüssen 25, 28 durchläuft die erste Sekundärwicklung jedes Wicklungsfenster jedes der beiden E-Kerne 1, 2. Zwischen den Endanschlüssen 25, 28 der ersten Sekundärwicklung 23 zweigt von der ersten Sekundärwicklung 23 ein Leiter 24 als Stichleitung derart ab, daß ein Strompfad ausgehend von einem der beiden Endanschlüsse 25, 28 in den Stichleiter 24 nur einen Teil der Wicklungsfenster der beiden E-Kerne 1, 2 durchläuft. So würde im vorliegenden Ausführungsbeispiel ein von dem Endanschluß 25 ausgehender Strompfad, der in den Stichleiter 24 abzweigt, nur das rechte Wicklungsfenster des ersten E-Kerns 1 durchlaufen. Es würde sich somit effektiv eine vierte Windung ergeben. Beginnt man den Strompfad bei dem anderen Endanschluß 28, so würde er bis in den Stichleiter 24 die beiden linken Wicklungsfenster beider E-Kerne 1, 2 und das rechte Wicklungsfenster des zweiten E-Kerns 2 durchlaufen. Es würde hier also effektiv eine $3/4$ Windung herausgeführt. Um die Lastsymmetrie zu bewahren wird dann in einem zweiten Layer eine weitere $3/4$ Windung parallelgeschaltet. Letztgenannte weitere $3/4$ Windung ist die in Fig. 17 gezeigte zweite Sekundärwicklung 27. Somit entstehen zwei Ausgangsspannungen mit einem gemeinsamen Massepunkt. Abgegriffen am Kontaktpunkt 25 erhält man $U_{\text{sekundär1}} = U_{\text{primär}}$. Abgegriffen am Kontaktpunkt 26, d. h. am Ende der Stichleitung 24, ergibt sich $U_{\text{sekundär2}} = 3/4 U_{\text{sekundär1}}$. Die Anzahl der Lagen kann somit von drei (eine Lage $U_{\text{sekundär1}}$ und zwei Lagen $U_{\text{sekundär2}}$ mit zwei parallelen Wicklungen) auf zwei minimiert werden.

Im weiteren wird unter Bezugnahme auf die Fig. 18 bis 22, die im Zusammenhang zu betrachten sind, ein Planartransformator mit nur einem E-Kern 1 vorgestellt. Dieser letztgenannte Planartransformator ist zwar auch in Multilayertechnik ausgebildet, jedoch nicht Gegenstand der beanspruchten Erfindung. Die Leitungsebenen sind jeweils durch in den Figuren nicht dargestellte Prepregs voneinander ge-

trennt. Durchkontaktierungen 29, 30 gewährleisten definierte elektrische Übergänge zwischen den einzelnen Layern.

Fig. 18 zeigt die Primärwicklung 31 des letztgenannten Planartransformators. Diese Primärwicklung 31 durchläuft beide Wicklungsfenster des E-Kerns 1. An den Kontaktanschlüssen 34 und 35 wird die Primärspannung angelegt.

Fig. 19 zeigt eine planare Ebene einer ersten Sekundärwicklung 32 des letztgenannten Planartransformators. Analog dazu stellt Fig. 20 eine planare Ebene einer zweiten Sekundärwicklung 33 dieses Planartransformators dar. In den in den Fig. 19 und 20 gezeigten planaren Ebenen durchlaufen sowohl die erste Sekundärwicklung 32 als auch die zweite Sekundärwicklung 33 beide Fenster des E-Kerns 1 und bilden somit jeweils eine vollständige Windung.

Fig. 21 zeigt eine weitere Ebene des Multilayers. Hier durchläuft die erste Sekundärwicklung 32 nur das linke Wicklungsfenster des E-Kerns 1, und die zweite Sekundärwicklung 33 durchläuft nur das rechte Wicklungsfenster des E-Kerns 1. An diesem Beispiel erkennt man, daß sich $N + 1/2$ Windungen sogar mit einem einzigen E-Kern 1 realisieren lassen, indem bei der halben Windung die Leiterbahn nur ein Wicklungsfenster des E-Kerns 1 durchläuft. Zwei Sekundärwicklungen 32, 33 müssen zur Erreichung der Lastsymmetrie parallelgeschaltet werden. Eine solche Parallelschaltung ist für den letztgenannten Planartransformator in Fig. 22 schematisch gezeigt. An den mit den Bezugszeichen 36 und 37 beschrifteten Leitungsbahnen liegt die Sekundärspannung an. In Fig. 22, wie auch schon in den Fig. 18 bis 21, stellen die runden Pads Anschlüsse dar, während die quadratischen Pads Durchkontaktierungen auf dem Multilayer sind. Die gezeigte Parallelschaltung wird auf zwei Ebenen durchgeführt. Dies kann entweder auf dem Multilayer oder auf einer doppelt kaschierten Hauptleiterplatte durchgeführt werden.

Patentansprüche

1. Planartransformator in Multilayertechnik mit mindestens zwei E-Kernen (1, 2), einer Primärwicklung (3, 10, 31) und einer ersten Sekundärwicklung (4, 6, 11, 32), wobei die Primärwicklung (3, 10, 31) jeden E-Kern (1, 2) in mindestens einem seiner Wicklungsfenster (19, 20) durchläuft und mindestens eine Windung der ersten Sekundärwicklung (4, 6, 11, 32) nur einen Teil der Wicklungsfenster (19, 20) aller E-Kerne (1, 2) durchläuft.
2. Planartransformator nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine zweite Sekundärwicklung (5, 9, 12, 33).
3. Planartransformator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Windung der zweiten Sekundärwicklung (5, 9, 12, 33) nur einen Teil der Wicklungsfenster (19, 20) aller E-Kerne (1, 2) durchläuft.
4. Planartransformator nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die durch die erste Sekundärwicklung (4, 6, 11, 32) und die zweite Sekundärwicklung (5, 9, 12, 33) definierten Strompfade zueinander symmetrisch sind.
5. Planartransformator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Endanschlüssen der ersten Sekundärwicklung (4, 6, 11, 32) von der ersten Sekundärwicklung (4, 6, 11, 32) mindestens ein erster Leiter derart abzweigt, daß ein Strompfad ausgehend von einem der beiden Endanschlüsse der ersten Sekundärwicklung (4, 6, 11, 32) in den ersten Leiter mindestens bei der Windung der ersten Sekundärwicklung (4, 6, 11, 32), von welcher der

erste Leiter abzweigt, nur einen Teil der Wicklungsfenster (19, 20) aller E-Kerne (1, 2) durchläuft.

6. Planartransformator nach einem der Ansprüche 2 bis 4 rückbezogenem Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Endanschlüssen der zweiten Sekundärwicklung (5, 9, 12, 33) von der zweiten Sekundärwicklung (5, 9, 12, 33) mindestens ein zweiter Leiter derart abzweigt, daß ein Strompfad ausgehend von einem der beiden Endanschlüsse der zweiten Sekundärwicklung (5, 9, 12, 33) in den zweiten Leiter mindestens bei der Windung der zweiten Sekundärwicklung (5, 9, 12, 33), von welcher der zweite Leiter abzweigt, nur einen Teil der Wicklungsfenster (19, 20) aller E-Kerne (1, 2) durchläuft.

7. Planartransformator nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Abzweigung des zweiten Leiters symmetrisch zur Abzweigung des ersten Leiters angeordnet ist.

8. Planartransformator in Multilayertechnik mit

- mindestens zwei E-Kernen (1, 2),
- einer Primärwicklung (22) und
- einer ersten Sekundärwicklung (23), die zwei Endanschlüsse (25, 28) aufweist,

wobei die Primärwicklung (22) jeden E-Kern (1, 2) in mindestens einem seiner Wicklungsfenster (19, 20) durchläuft und zwischen den Endanschlüssen (25, 28) der ersten Sekundärwicklung (23) von der ersten Sekundärwicklung (23) mindestens ein erster Leiter (24) derart abzweigt, daß ein Strompfad ausgehend von einem der beiden Endanschlüsse (25, 28) in den ersten Leiter (24) mindestens bei der Windung der ersten Sekundärwicklung (23), von welcher der erste Leiter (24) abzweigt, nur einen Teil der Wicklungsfenster (19, 20) aller E-Kerne (1, 2) durchläuft.

9. Planartransformator nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch eine zweite Sekundärwicklung (27).

10. Planartransformator nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Windung der zweiten Sekundärwicklung (27) nur einen Teil der Wicklungsfenster (19, 20) aller E-Kerne (1, 2) durchläuft.

11. Planartransformator nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Endanschlüssen der zweiten Sekundärwicklung von der zweiten Sekundärwicklung mindestens ein zweiter Leiter derart abzweigt, daß ein Strompfad ausgehend von einem der beiden Endanschlüsse der zweiten Sekundärwicklung in den zweiten Leiter mindestens bei der Windung der zweiten Sekundärwicklung, von welcher der zweite Leiter abzweigt, nur einen Teil der Wicklungsfenster (19, 20) aller E-Kerne (1, 2) durchläuft.

12. Planartransformator nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Abzweigung des zweiten Leiters symmetrisch zur Abzweigung des ersten Leiters (24) angeordnet ist.

13. Planartransformator nach einem der Ansprüche 2 bis 7 oder 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Sekundärwicklung (4, 6, 11, 23, 32) und die zweite Sekundärwicklung (5, 9, 12, 27, 33) parallelgeschaltet sind.

14. Planartransformator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an mindestens zwei der E-Kerne (1, 2) Luftspalte (21) vorgesehen sind, die eine voneinander verschiedene Größe haben.

15. Planartransformator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei der E-Kerne (1, 2) aus unterschiedlichem Material bestehen.

16. Planartransformator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Windung der Primärwicklung (3, 10, 22, 31) alle Wicklungsfenster (19, 20) aller E-Kerne (1, 2) durchläuft.

5

Hierzu 20 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

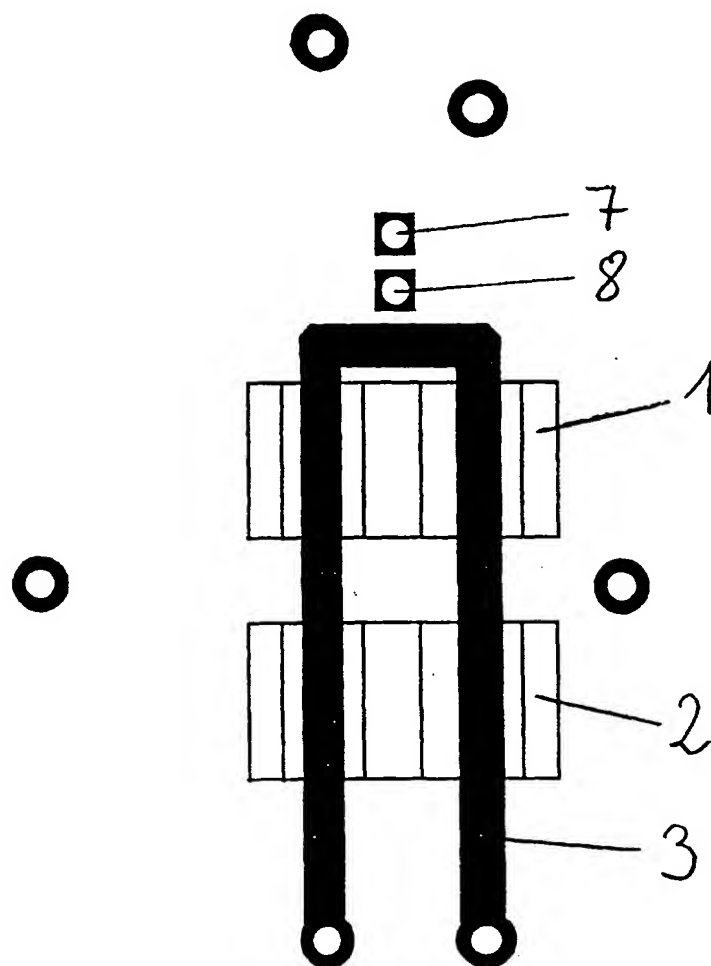


Fig. 1

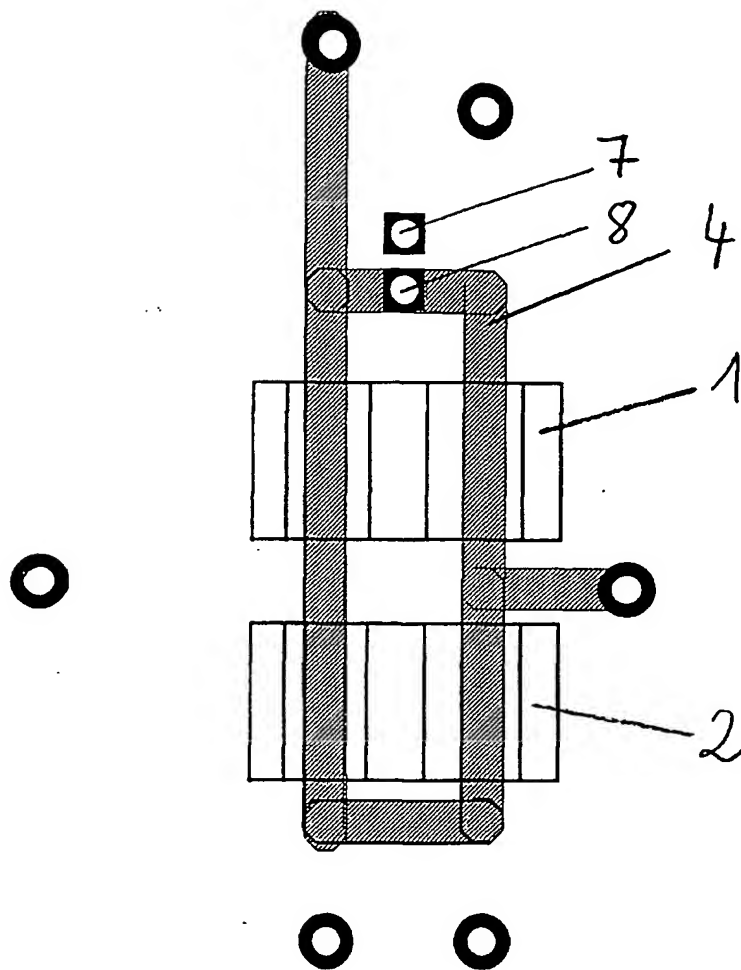


Fig. 2

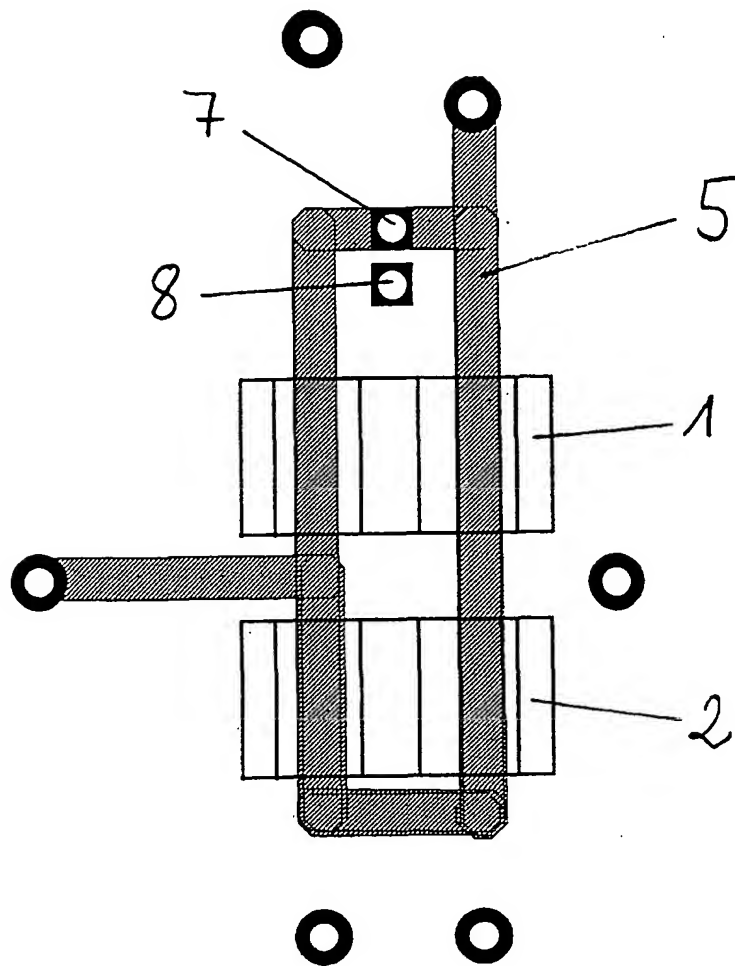


Fig. 3

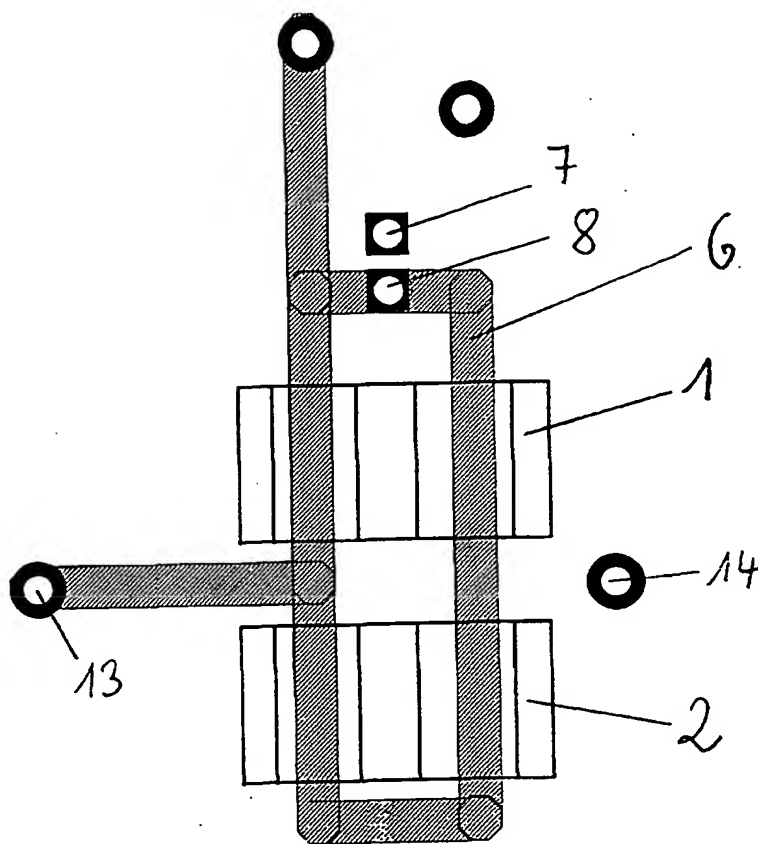


Fig 4

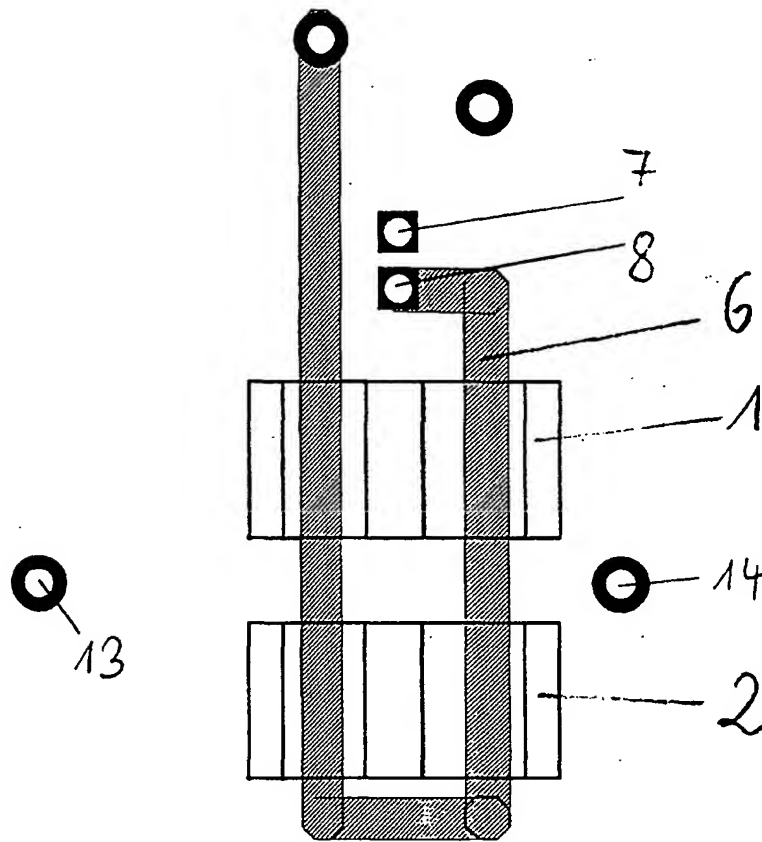


Fig. 5

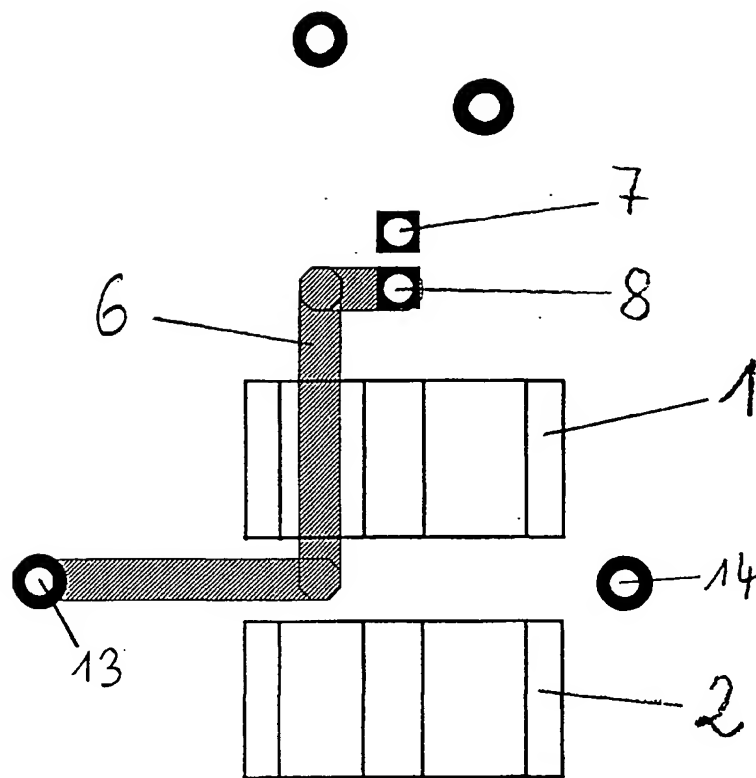


Fig. 6

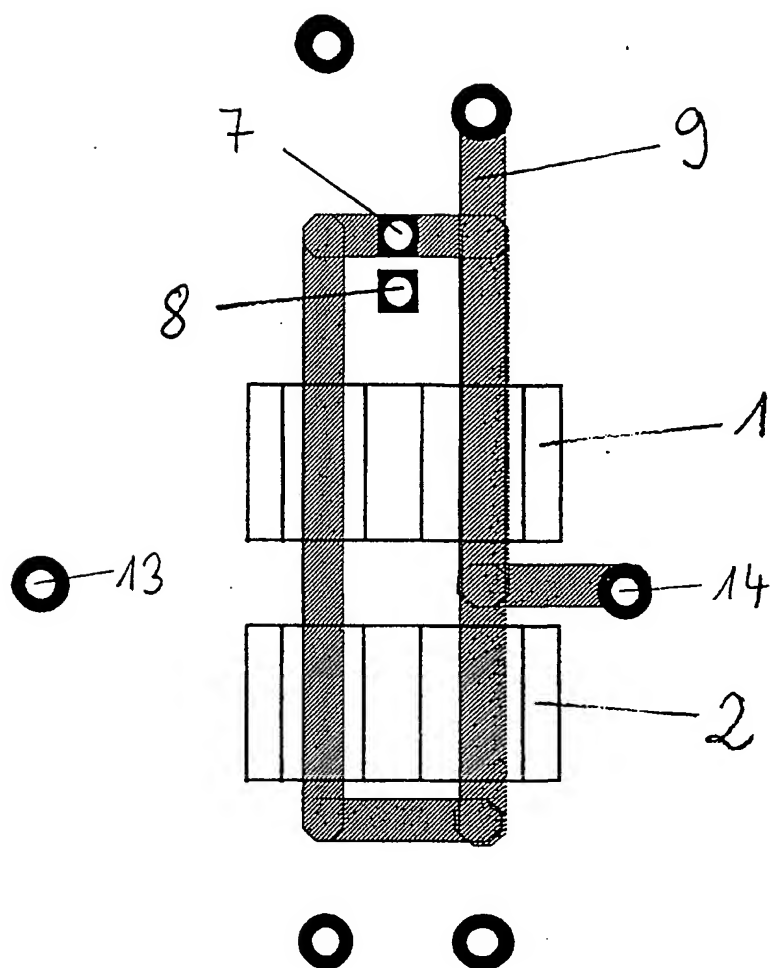


Fig. 7

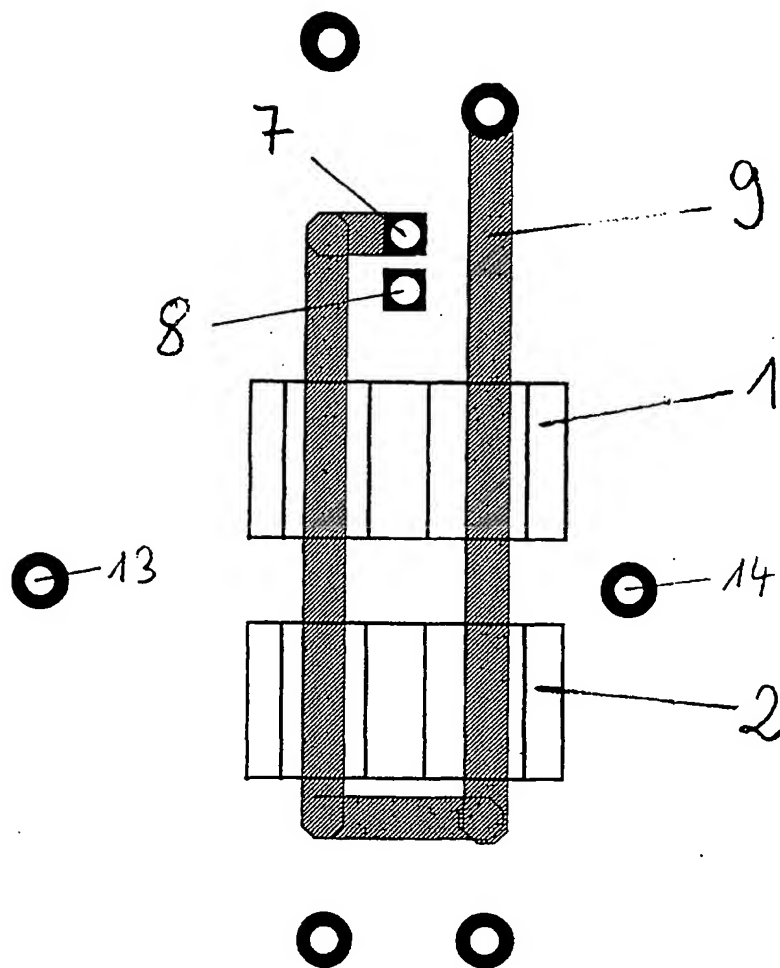


Fig. 8

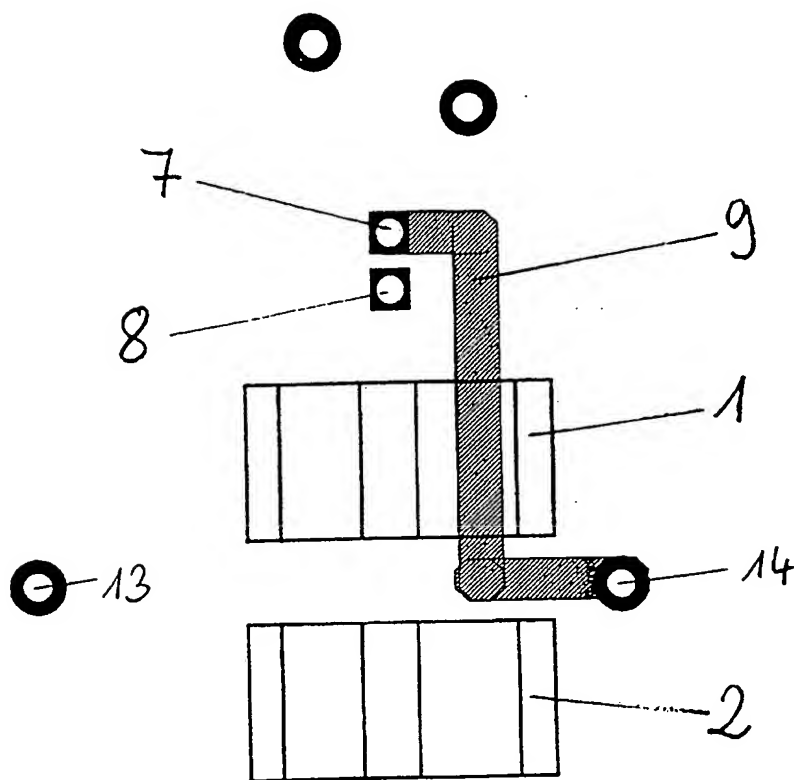


Fig. 9

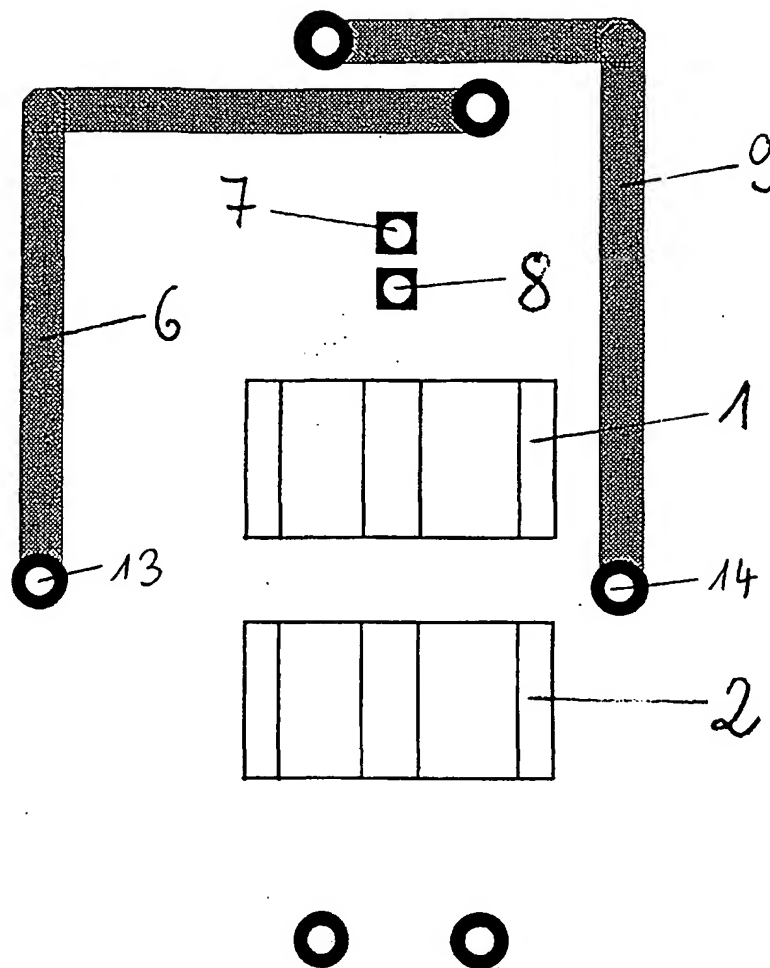


Fig. 10

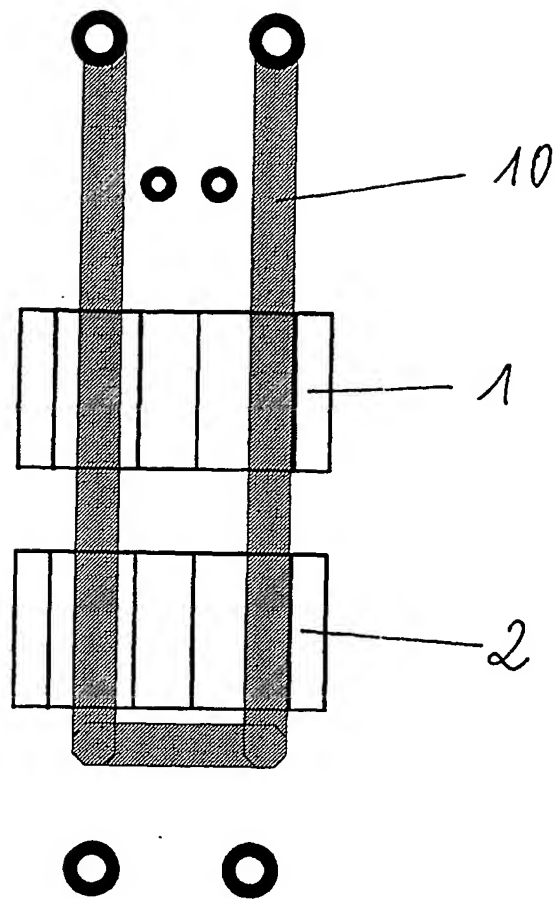


Fig. 11

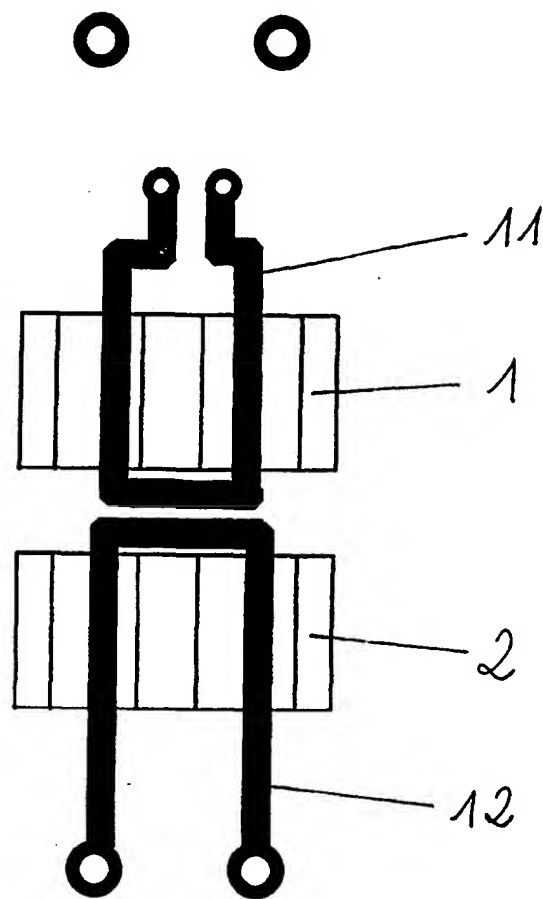


Fig. 12

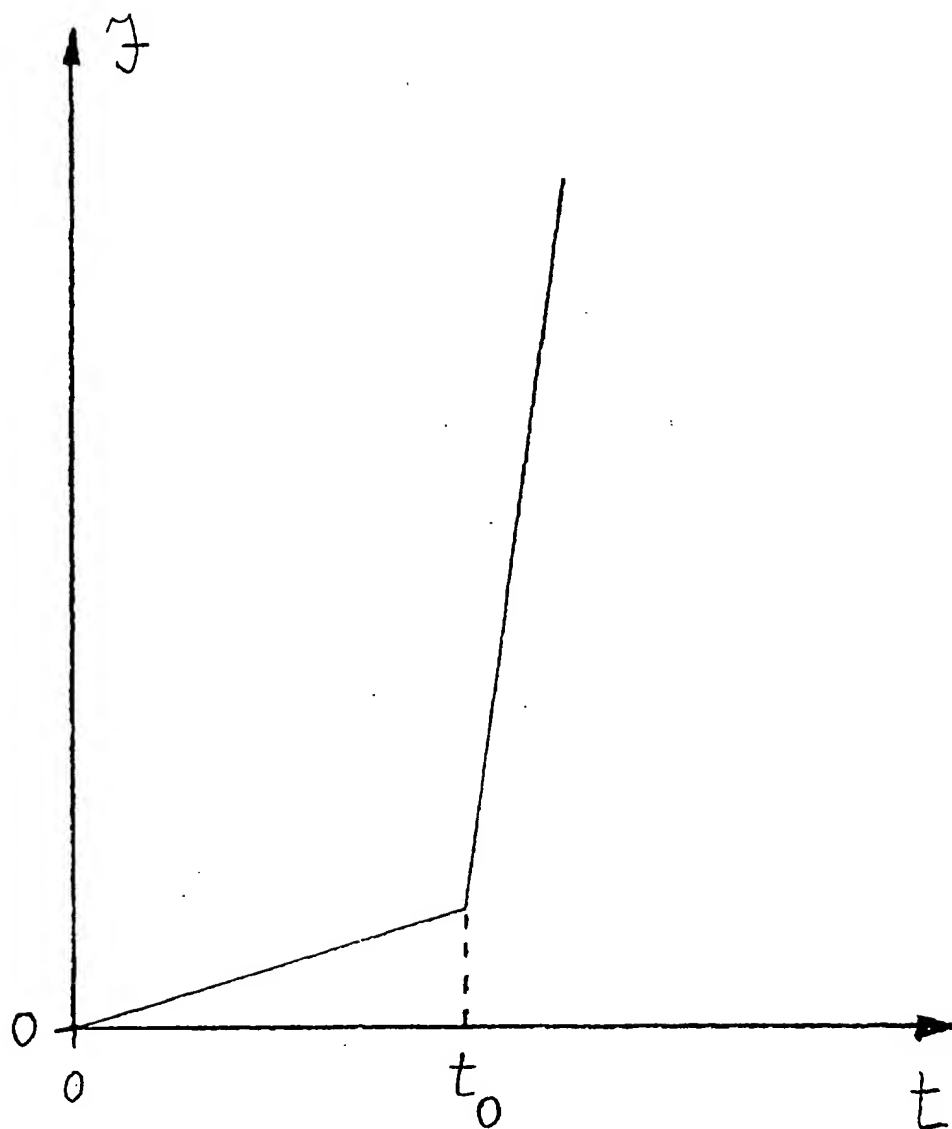


Fig. 13

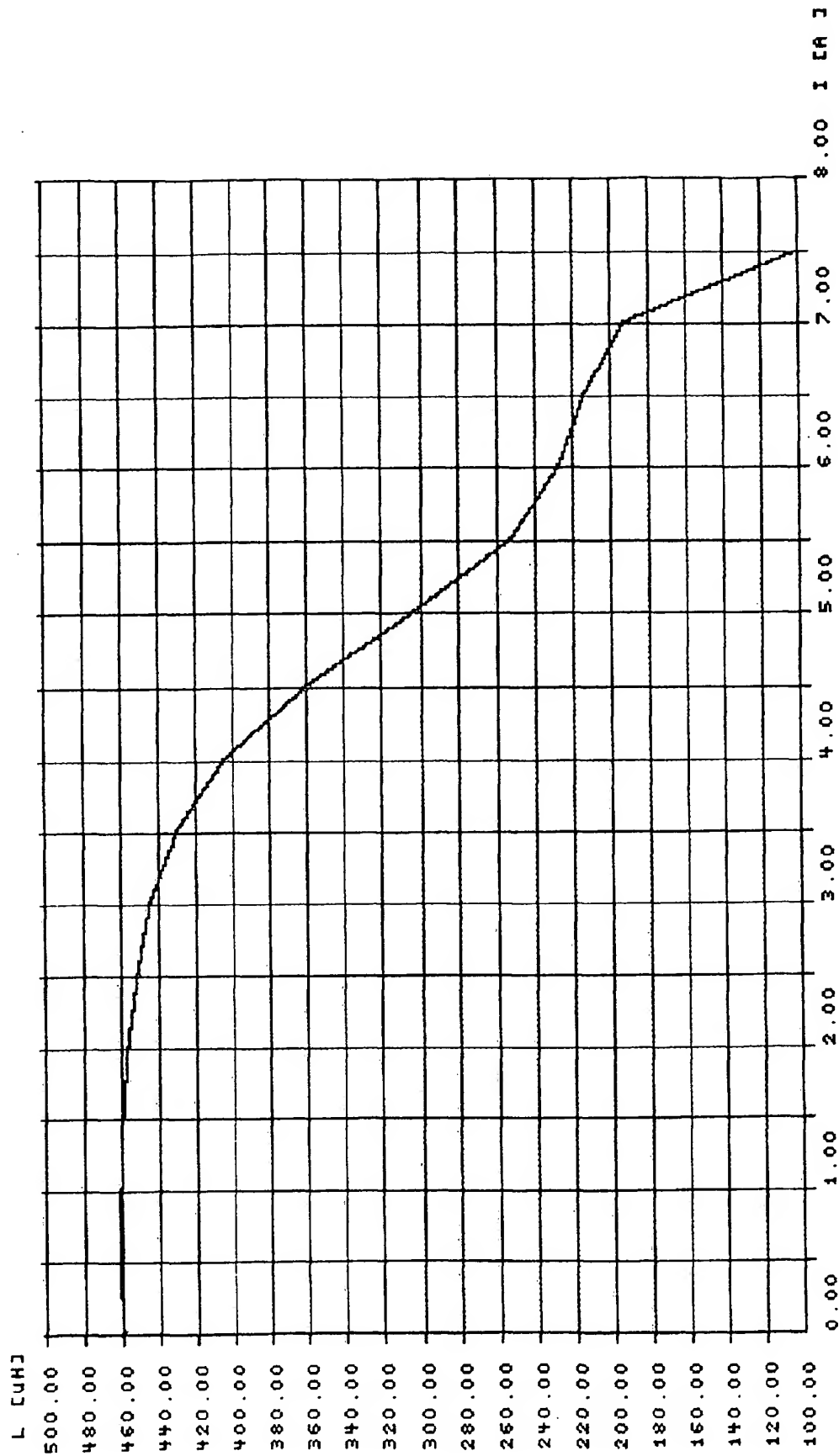


Fig. 14

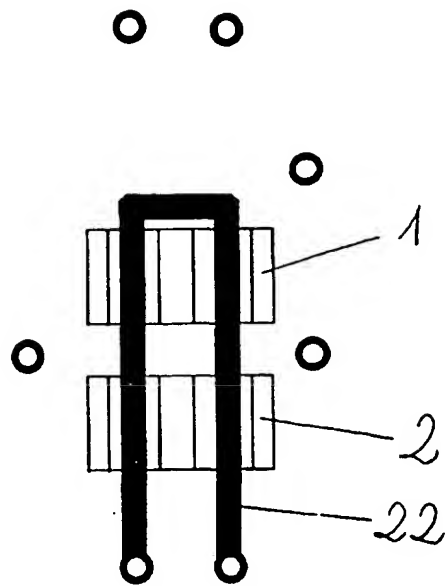


Fig. 15

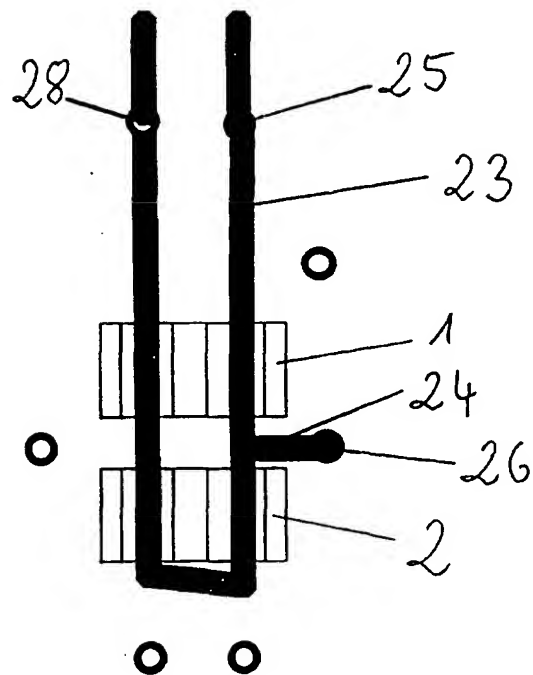


Fig. 16

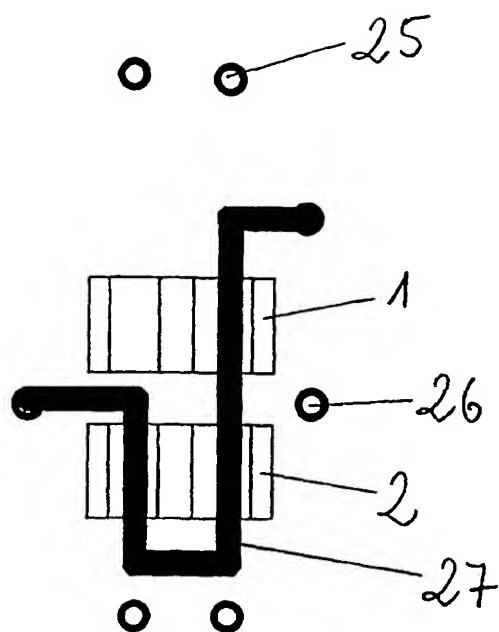
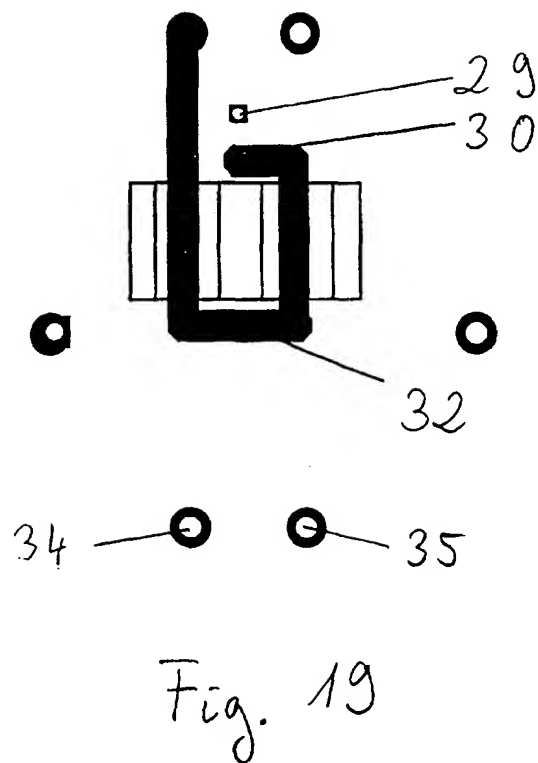
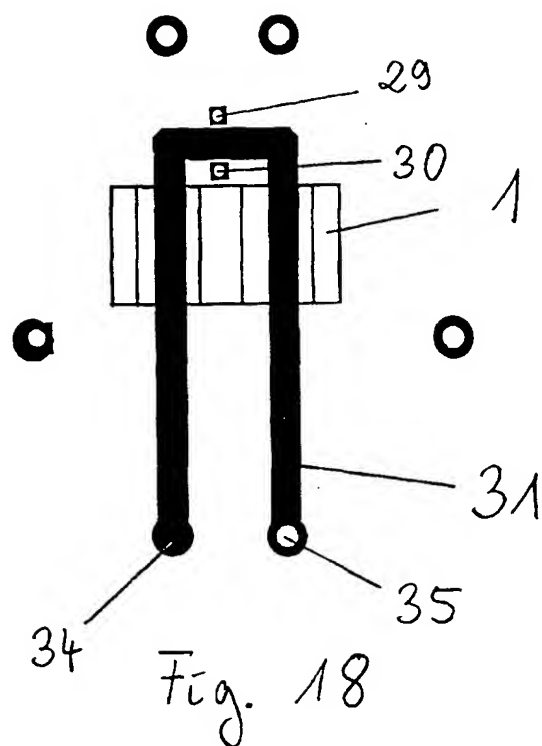
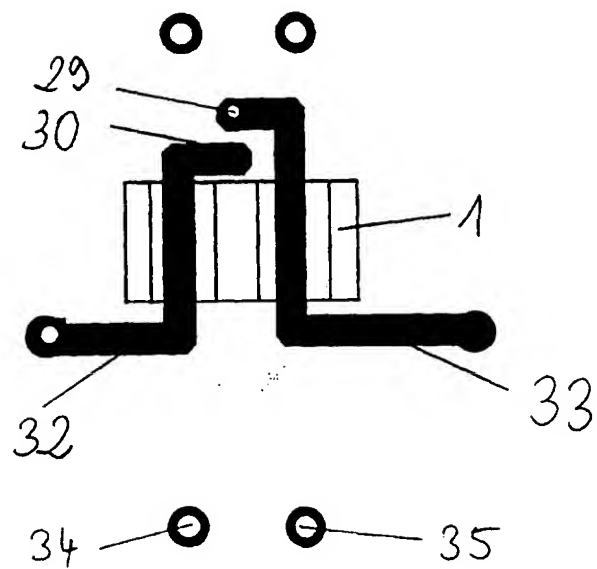
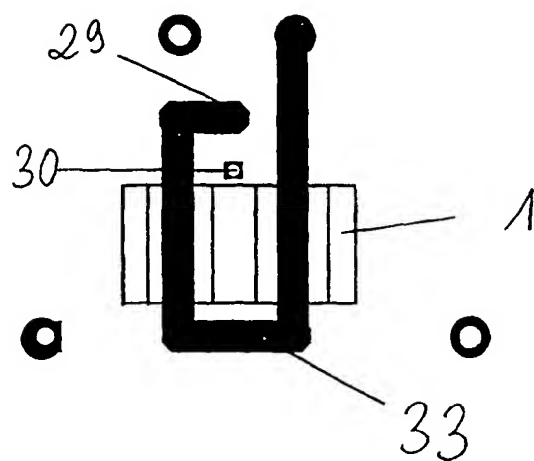


Fig. 17





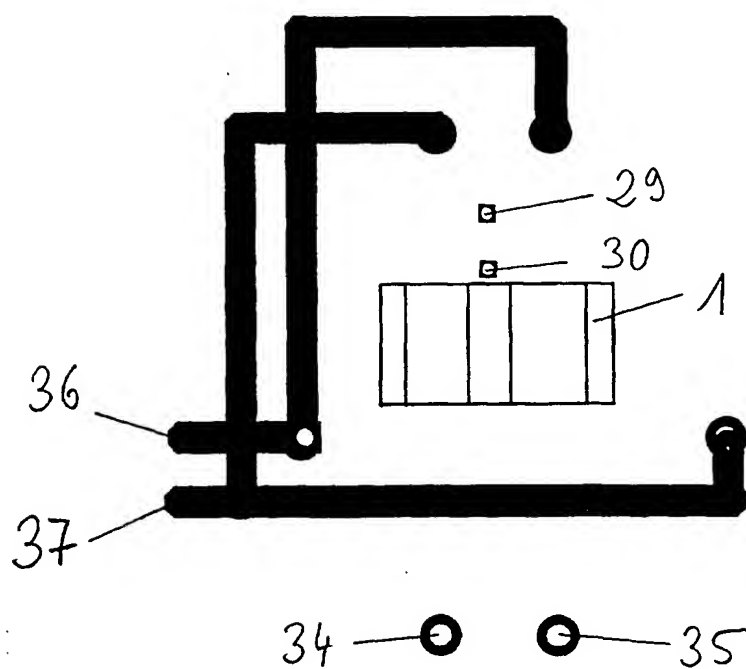


Fig. 22

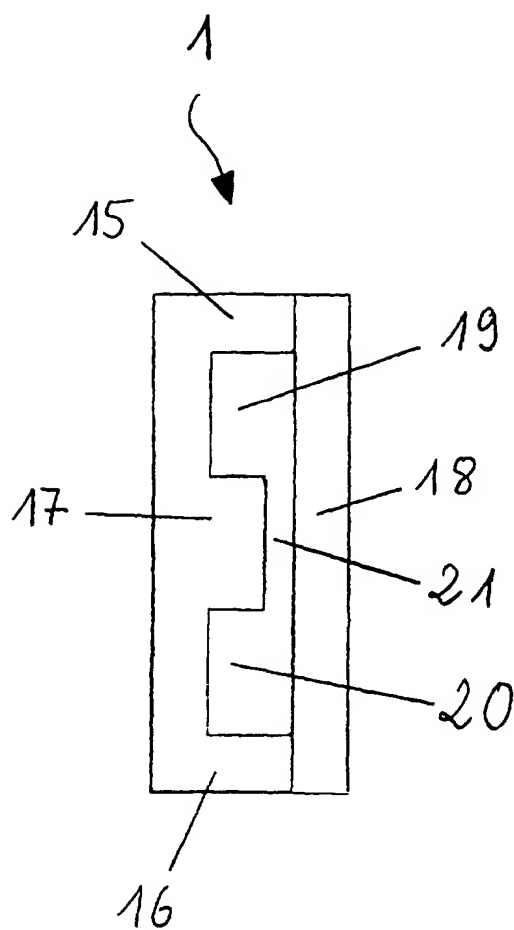


Fig. 23

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.